

JP2001-033793\_E

[Title of the Invention]      LIQUID CRYSTAL DISPLAY PANEL AND  
MANUFACTURING METHOD THEREOF

[Abstract]

[Object] Until a liquid crystal is filled into a panel, it typically takes more than 5 hours, and a temporal length of the process is a big neck in forming the panel.

[Solving Means] Considering that a primary neck of liquid crystal injection into a panel increases an injection resistance due to a panel distortion, in order to reduce the injection resistance, a gap length thereof is guaranteed, or a wider pipe portion is formed in the panel, so that a filling time can be reduced.

[Claims]

[Claim 1] A liquid crystal display panel comprising:  
a pipe portion; and  
a liquid crystal injecting port therein.

[Claim 2] The liquid crystal display panel according to Claim 1, wherein a Young's modulus of the pipe portion is larger than that of a member other than the pipe portion.

[Claim 3] The liquid crystal display panel according to Claim 1 or 2, wherein the pipe portion is made of glass or metal.

[Claim 4] The liquid crystal display panel according to

any one of Claims 1 to 3, wherein the Young's modulus of the pipe portion is larger than  $5 \times 10^{10}$  dyn/cm<sup>2</sup> and less than  $1 \times 10^{12}$  dyn/cm<sup>2</sup>.

[Claim 5] The liquid crystal display panel according to any one of Claim 1, wherein parts in the liquid crystal display panel is removed to form the pipe portion.

[Claim 6] The liquid crystal display panel according to any one of Claims 1 to 4, wherein a pipe portion having a larger area is established at a portion where a gap length of the liquid crystal display panel is shortened.

[Claim 7] The liquid crystal display panel according to any one of Claims 1 to 5, wherein the liquid crystal injecting port is established at a peripheral portion of the liquid crystal display panel.

[Claim 8] The liquid crystal display panel according to Claim 5, wherein a dielectric layer of the liquid crystal display peripheral is removed to form the pipe portion.

[Claim 9] A liquid crystal display panel manufacturing method comprising:

forming a dielectric layer on a TFT of a lower substrate; and

removing a dielectric layer of a peripheral portion on the lower substrate

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention]

The present invention relates to a liquid crystal display panel and manufacturing method thereof capable of rapidly injecting a liquid crystal into a liquid crystal display panel.

[0002]

[Description of the Related Art]

Recently, a liquid crystal display panel market has been rapidly expanded as a display device. One example panel manufacturing process is a process of filling a liquid crystal into a panel prepared in advance in a vacuum state.

[0003]

[Problems to be Solved by the Invention]

However, until a liquid crystal is filled into a panel, it typically takes more than 5 hours, and a temporal length of the process is a big neck in forming the panel. In order to address this problem, filling a liquid crystal in a shorter time has been attempted by solving the equation of motion of a viscous fluid, and investigating a type and number of a liquid crystal injecting port (Chono Chuji Ekisho Vol. 3, No. 2, 107 (1999)). However, this calculation may not conform well to an actual liquid crystal injecting experiment, so that there is a need for a new liquid crystal injecting calculation method or overcoming

means.

[0004]

[Means for Solving the Problems]

The present invention involves a panel distortion, i.e., a change of a gap length when the inside of a panel a vacuum and a pressure is applied from the outside (Tamadini, etc., IEICE, Vol. J82-C-11 No.6 303). When the inside of the panel is a vacuum and the outside thereof is 1 atmosphere, considering that an elastic constant of a glass and a spacer in the panel, the distortion herein will be calculated that a gap length which is typically 5  $\mu\text{m}$  is dented at most about 20% except a peripheral portion. An injection conductance is proportional to three order of the gap length, so that the dented herein causes a flow rate to be significantly reduced and thus the liquid crystal is difficult to inject. Therefore, a large gap length in the peripheral portion is used or a pipe portion with an artificially guaranteed gap length is formed to reduce a filling time.

[0005]

[Embodiments]

Preferred embodiments of the present invention will now be described with reference to the accompanying drawings.

[0006]

In the prior art, a liquid crystal display panel typically has a construction as shown in Fig. 1. In a

peripheral portion of the panel, a vacuum sealing part is provided in a gap length of 5  $\mu\text{m}$ , and a width of approximately several millimeters. A sealing material includes a glass chip, and at a portion around the sealing material a gap length is not so changed even when a pressure difference between the inside and the outside of the panel is several atmospheres. Further, inside the panel, spacers in a density of 10 to 200/ $\text{mm}^2$  and in a diameter of 5  $\mu\text{m}$  guarantees a gap. At this time, for a panel size, a length (a), a width (b), and a thickness (d), are determined as shown in Eq. 1.

[0007]

[Equation 1]

$$a=b=20(\text{cm})$$

$$d=0.07(\text{cm})$$

[0008]

A Young's modulus and a Poisson's ratio of a panel glass is as follows:

[0009]

[Equation 2]

$$E=10.5 \times 10^{11}(\text{dyn}/\text{cm}^2)$$

$$\sigma = 0.29$$

[0010]

A Young's modulus of a spacer is as follows:

[0011]

[Equation 3]

$$E=0.7 \times 10^{11} \text{ (dyn/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma = 0.35$$

[0012]

When the inside of the panel of an elastic body is a vacuum and a pressure of 1 atmosphere is applied from both sides, an elastic analysis is dented almost in a flat except for the peripheral portion as shown in fig. 2. A gap length around the peripheral portion is approximately 5  $\mu\text{m}$ , but it is appreciated that the gap length is reduced about 20% even though the spacer exists inside the panel. Like this, it should be noted that liquid crystal is injected while expanding a narrow gap. In the conventional calculation, the experiment fact was not sufficiently realized since it was assumed that a value inside the gap length is uniform on an overall panel, like the peripheral portion, even when the inside of the panel is a vacuum.

[0013]

Hereinafter, analysis is progressed according to a formula of Chono, etc.

[0014]

Using a Leslie-Ericksen theory, a fluid equation of nematic liquid crystal is as follows.

[0015]

[Equation 4]

$\text{div } \mathbf{v} = 0$  (normal non-compressible continuity equation)

$$\rho \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial \mathbf{x}} = \mathbf{G} - \nabla \cdot \mathbf{p} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau}$$

(Navier-Stokes' equation)

$$\boldsymbol{\tau} = \alpha_1 \mathbf{A} : \mathbf{n} \mathbf{n} \mathbf{n} \mathbf{n} + \alpha_2 \mathbf{n} \mathbf{N} + \alpha_3 \mathbf{N} \mathbf{n} + \alpha_4 \mathbf{A} + \alpha_5 \mathbf{n} \mathbf{n} \cdot \mathbf{A} + \alpha_6 \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} \mathbf{n}$$

(shear stress)

[0016]

Here,  $\mathbf{v}$  is a velocity vector,  $\rho$  is a fluid density,  $\mathbf{G}$  is an external force,  $\mathbf{p}$  is a pressure,  $\boldsymbol{\tau}$  is a shear stress tensor, and  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{N}$ ,  $\mathbf{\Omega}$  are respectively,

[0017]

[Equation 5]

$$\mathbf{A} = \frac{1}{2} ( (\nabla \mathbf{v})^T + \nabla \mathbf{v} )$$

(modified velocity tensor)

$$\mathbf{N} = \frac{\partial \mathbf{n}}{\partial t} - \mathbf{\Omega} \times \mathbf{n}$$

(relative angular velocity vector of

director and fluid)

$$\mathbf{\Omega} = \text{rot } \mathbf{v}$$

(vorticity tensor)

[0018]

$\alpha_1$  to  $\alpha_6$  are viscosity coefficients of Leslie. In the equation, the unknowns are a velocity vector  $\mathbf{v}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ , a pressure  $p(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ , and a director  $\mathbf{n}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ , and since the number of equations are 3, it can be solved in principle. However, the viscous fluid velocity is significantly small, so that the following approximation can be employed. With

this approximation, the equation can be simplified. First, in the Navier-Stokes' equation, an inertia term of the fluid is negligible (Hele-Shaw approximation)

[0019]

[Equation 6]

$$\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} = \frac{\partial P}{\partial x}$$

$$\frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} = \frac{\partial P}{\partial y}$$

[0020]

where  $P = p + \rho gh$ . Assume that the director  $n$  is already determined under a boundary condition of the panel, in the next approximation. A shear stress in this approximation is as follows:

[0021]

[Equation 7]

$$\tau_{zx} = f_1(z) \frac{\partial u(x, y, z)}{\partial z} + f_2(z) \frac{\partial v(x, y, z)}{\partial z}$$

$$\tau_{zy} = f_3(z) \frac{\partial u(x, y, z)}{\partial z} + f_4(z) \frac{\partial v(x, y, z)}{\partial z}$$

[0022]

where  $u$  and  $v$  are velocity components of the  $x$  direction and the  $y$  direction, respectively. In addition,

[0023]

[Equation 8]



$$2f_1(z) = (\eta_1 - \eta_3) \cos 2\theta(z) + \eta_1 + \eta_3$$

$$2f_2(z) = (\eta_1 - \eta_3) \sin 2\theta(z)$$

$$2f_3(z) = -(\eta_1 - \eta_3) \cos 2\theta(z) + \eta_1 + \eta_3$$

[0024]

where  $2\eta_1 = \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_6$ ,  $2\eta_3 = \alpha_4$ , and  $\theta$  is an angle between the director  $n$  and the  $x$  axis. Apply these to the Hele-Shaw approximation, and integrate in the  $z$  direction, then,

[0025]

[Equation 9]

$$u(x, y, z) = \frac{\partial P}{\partial x} \int_{-h}^z \frac{f_4(z')}{D(z')} z' dz' - \frac{\partial P}{\partial y} \int_{-h}^z \frac{f_2(z')}{D(z')} z' dz' \\ + C_1(x, y) \int_{-h}^z \frac{f_4(z')}{D(z')} dz' - C_2(x, y) \int_{-h}^z \frac{f_2(z')}{D(z')} dz'$$

$$v(x, y, z) = -\frac{\partial P}{\partial x} \int_{-h}^z \frac{f_3(z')}{D(z')} z' dz' + \frac{\partial P}{\partial y} \int_{-h}^z \frac{f_1(z')}{D(z')} z' dz' \\ - C_1(x, y) \int_{-h}^z \frac{f_3(z')}{D(z')} dz' + C_2(x, y) \int_{-h}^z \frac{f_1(z')}{D(z')} dz'$$

[0026]

Here,

[0027]

[Equation 10]

$$D(z) = f_1(z) f_4(z) - f_2(z) f_3(z)$$

[0028]

A velocity vector averaged in the z direction is as follows using h as a gap length:

[0029]

[Equation 11]

$$\bar{v}(x, y) = \frac{1}{2h} \int_{-h}^h v(x, y, z) dz$$

[0030]

so that, applying Equation 9,

[0031]

[Equation 12]

$$\begin{aligned} 2h\bar{u}(x, y) &= -\frac{\partial P}{\partial x} S_4 - \frac{\partial P}{\partial y} S_2 - C_1(x, y) R_4 + C_2(x, y) R_2 \\ 2h\bar{v}(x, y) &= -\frac{\partial P}{\partial x} S_3 + \frac{\partial P}{\partial y} S_1 - C_1(x, y) R_3 + C_2(x, y) R_1 \end{aligned}$$

[0032]

Here,  $C_1(x, y)$  and  $C_2(x, y)$  are integration integers,  $S_1$  to  $S_4$  are integers, and  $R_1$  to  $R_4$  are substituted values. Applying these to the Hele-Shaw approximate continuity equation, an elliptic derivative equation including diagonal terms on inputs can be finally obtained:

[0033]

[Equation 13]

$$G_1 \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} - (G_2 + G_3) \frac{\partial^2 P}{\partial x \partial y} + G_4 \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0$$

[0034]

$G_1, G_2, G_3, G_4$  are coefficients of the derivative

equation. It should be noted that this equation is a derivative type so that it shows an input equation of a partial portion of the panel. In addition, when the director  $n$  is all parallel to the  $x$ -axis,  $\theta = 0$  so that coefficients of the derivative equation is significantly simplified. Here,

[0035]

[Equation 14]

$$G_1 = -\frac{2h^3}{3\eta_1}$$

$$G_2 = G_3 = 0$$

$$G_4 = -\frac{2h^3}{3\eta_3}$$

[0036]

and, the derivative equation of the pressure  $P$  becomes an elliptical derivative equation in a type not including diagonal terms. Here, to solve the equation, a circuit estimate is performed as follows:

[0037]

[Equation 15]

$$P(x, y) \rightarrow V(x, y)$$

$$\frac{\partial P}{\partial x} \rightarrow j_x$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} \rightarrow j_y$$

$$R_x \rightarrow \frac{\eta_1 \Delta x}{2h^3}$$

$$R_y \rightarrow \frac{\eta_2 \Delta y}{2h^3}$$

[0038]

$\Delta x$  and  $\Delta y$  are differential unit displacement quantity. When this equation is changed into an equivalent circuit, it will be as shown in Fig. 3. In other words, a current supplied to a resistance lattice is shown in a power supply voltage. Here, a potential  $V(x, y)$  of each node represents a pressure of each point of panel, and a current of each resistance represents a pressure gradient at this place (i.e., proportional to a flow rate  $(u, v)$ ). As the current grows larger, injection flow rate is large and thus a filling can be done in a short time. With a boundary condition appropriately given to the equivalent circuit, a solution can be easily obtained from the analysis of a circuit simulator.

[0039]

With respect to the circuit, it is apparent that a current strongly depends on a lattice resistance. Further, what determines the resistance value is a viscosity ratio of

the liquid crystal and a length of the gap. The viscosity of the liquid crystal is reduced about a half with an increase of temperature of 10 degrees around the room temperature, so that a resistance is reduced and an injection time is shortened when a temperature increases. However, in this method, there is a problem in that the remaining gas is easily produced.

[0040]

Therefore, a method of decreasing a resistance value can be appreciated when a temperature is lowered as possible. Focusing now on a gap length,  $R$  includes a term of three order of  $h$ , so that it is appreciated that  $R$  gives a biggest effect on the resistance value. As described above, when elasticity of the panel and the spacer is calculated, the panel is already dented sufficiently when a pressure difference between the inside and the outside is 1 atmosphere. When the gap length  $h$  of the panel central portion is estimated to be about 0.8 times of the peripheral portion. At this time, it is estimated that the resistance increases as much as specific times in which the panel is not distorted, and the injection rate of the liquid crystal is predominantly reduced.

[0041]

Meanwhile, in the panel peripheral portion, the gap length  $h$  is near a non-distorted state, so that it is

expected that a heat due to a relatively low resistance continues to emit. Therefore, a calculation value of a temporal change of the liquid crystal free surface is shown in Fig. 4 for a case where two injecting ports of the liquid crystal are arranged around the center of the panel, and a case where two injection ports are arranged at each of the right and left corners. Even when the liquid crystal is injected with an actual panel size of  $339 \times 196 \times 0.005$  (mm), and a pressure difference between the inside and the outside of one atmosphere, for two injecting ports established around the center (length of 7 mm), the filling time exceeds 260 minutes, but when the right and left corner portions are established in the pipe portion of the liquid crystal, the injection time is reduced to about 100 minutes.

[0042]

Fig. 5 is a plan view and cross sectional view of a liquid crystal display panel having a pipe portion formed by removing a dielectric layer of the peripheral portion. Reference number 101 refers to a lower substrate, 102 a sealing portion, 103 a display portion, 104 a peripheral portion, 201 a lower substrate, 202 an upper substrate, 203 a source wiring, 204 a TFT, 205 a dielectric layer, 206 a pixel electrode, 207 a sealing portion, 208 a liquid crystal, and 209 refers to a pipe portion. In addition, an outer side of the sealing portion 102 almost corresponds to the

upper substrate 202. In addition, though not shown, the pixel electrode 206 is electrically connected a drain of the TFT, and overlaps over the source wiring or the TFT, so that an aperture ratio is increased. For a liquid crystal display panel forming an electrode by attaching a dielectric layer (typically, made of resin) having a thickness of 1  $\mu\text{m}$  to 5  $\mu\text{m}$  such as the TFT or a bus bar wiring as shown in Fig. 5, the dielectric layer of the panel peripheral portion was removed. In addition, the dielectric layer 205 is left on the display portion 103. As a result, the thickness of a cell of the panel peripheral port becomes thicker from 1  $\mu\text{m}$  to 5  $\mu\text{m}$ , and an injection time is reduced down to 80 minutes or less. This effect is most advantageous when the injecting port is arranged at right and left ends of the lower edge of the panel, but a sufficient effect is given even when the injecting port is arranged around the central portion of the lower edge of the panel due to a restriction such as the injecting device or products shape. In addition, in order to cause a cell thickness to be uniform, it is desirable that the dielectric layer below the sealing portion is not removed.

[0043]

In addition, even when there is a pressure difference between the inside and the outside by arranging a spacer made of glass or metal, which has a Young's modulus of

$10^{12}$ (dyn/cm<sup>2</sup>) larger than that of the spacer, within the panel as shown in Fig. 6, the pipe portion which is not dented is formed from the liquid crystal injecting port to the inside. With this arrangement, it is appreciated that an injection path is provided and the filling time is significantly reduced. With the panel having a size described above, when it is investigated for a case where the artificial path is provided and a case where the artificial path is not provided, the injection time of the liquid crystal will be 120 minute and 260 minute, which shows that the case where the artificial is provided is predominantly short. In addition, the Young's modulus of a material for use in the pipe portion is preferably  $5 \times 10^{10}$ (dyn/cm<sup>2</sup>) to  $10^{12}$  (dyn/cm<sup>2</sup>). This is because that, when it is less than  $5 \times 10^{10}$ (dyn/cm<sup>2</sup>), the gap between the panels cannot be maintained, and when it is larger than  $10^{12}$  (dyn/cm<sup>2</sup>), the wiring in the panel might be damaged. In addition, the more effect will be given with a small part of the gap length and thus many pipe portions established. As such, when a conductance of the path of the liquid crystal injection increases by increasing a gap length, an injection time can be significantly reduced.

[0044]

[Effect]

According to the present invention, with respect to a



panel distortion, which is a neck to liquid crystal injection, a pipe portion having a longer gap length is formed to thus realize a reduced filling time. It is advantageous in a liquid crystal display panel manufacturing process.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

Fig. 1 is a schematic diagram of a typical liquid crystal display panel.

[Fig. 2]

Fig. 2 is a schematic diagram showing a panel distortion generated when there exists a pressure difference between the inside and the outside of the panel.

[Fig. 3]

Fig. 3 is an equivalent circuit diagram of an R lattice.

[Fig. 4]

Fig. 4A is a diagram showing a calculation value of a change of a liquid crystal free surface when an injecting port is established around a liquid crystal display panel center portion, and Fig. 4B is a diagram showing a calculation value of a change of a liquid crystal free surface when an injecting port is established around a liquid crystal display panel peripheral portion.

[Fig. 5]

Fig. 5A is a plan view of a liquid crystal display panel having a pipe portion formed by removing a dielectric layer of a peripheral portion, and Fig. 5B is a cross sectional view of a liquid crystal display panel having a pipe portion formed by removing a dielectric layer of a peripheral portion.

[Fig. 6]

Fig. 6 is a diagram showing an injection pipe portion established in a panel.

[Reference Numerals]

- 101: lower substrate
- 102: sealing portion
- 103: display portion
- 104: peripheral portion
- 201: lower substrate
- 202: upper substrate
- 203: source wiring
- 204: TFT
- 205: dielectric layer
- 206: pixel electrode
- 207: sealing portion
- 208: liquid crystal
- 209: pipe portion

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-33793

(P 2 0 0 1 - 3 3 7 9 3 A)

(43)公開日 平成13年2月9日(2001.2.9)

(51)Int. Cl. <sup>7</sup>

G02F 1/1341

識別記号

F I

G02F 1/1341

テームコード (参考)

2H089

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全7頁)

(21)出願番号 特願平11-205906

(22)出願日 平成11年7月21日(1999.7.21)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 八田 真一郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 熊川 克彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

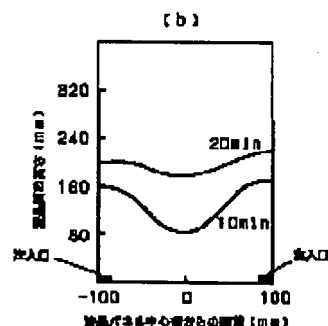
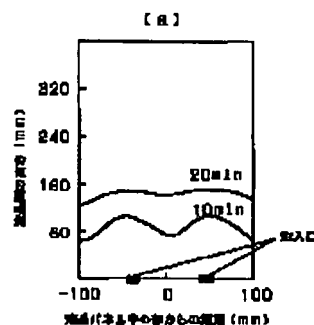
Fターム(参考) 2H089 LA30 NA28 QA12 TA05  
TA09

(54)【発明の名称】液晶表示パネルおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 液晶がパネル内に充填されるまでに、通常、5時間以上を要し、この工程の時間的長さがパネルの作成の大きなネックとなっていた。

【解決手段】 パネルへの液晶注入の主なネックが、パネル歪に起因する注入抵抗の増大であることを考慮し、注入抵抗を減らすために、その部分のギャップ長を保証したり、より広げた導管部をパネル内に作成することで、充填時間の短縮を実現した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】内部に導管部および液晶注入口を有することを特徴とする液晶表示パネル。

【請求項2】前記導管部のヤング率が導管部以外の部材のヤング率よりも大きいことを特徴とする請求項1記載の液晶表示パネル。

【請求項3】前記導管部がガラスおよび金属により形成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の液晶表示パネル。

【請求項4】前記導管部のヤング率が $5 \times 10^{10}$  dyn/cm<sup>2</sup>より大きく $1 \times 10^{12}$  dyn/cm<sup>2</sup>よりも小さいことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の液晶表示パネル。

【請求項5】前記導管部が前記液晶表示パネル内の部品を取り除くことにより形成されていることを特徴とする請求項1に記載の液晶表示パネル。

【請求項6】前記液晶表示パネルのギャップ長が短くなっている部分により広い面積の導管部が設定されていることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の液晶表示パネル。

【請求項7】前記液晶注入口が前記液晶表示パネルの周辺部に設定されていることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の液晶表示パネル。

【請求項8】前記導管部を前記液晶表示パネル周辺部の絶縁膜を除去することにより形成されていることを特徴とする請求項5記載の液晶表示パネル。

【請求項9】液晶表示パネルの製造方法であって、下側基板のTFT上の絶縁膜形成工程後に前記下側基板周辺部の絶縁膜を除去する工程を有することを特徴とする液晶表示パネルの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示パネル中にすみやかに液晶を注入させることのできる液晶表示パネルおよびその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、ディスプレイデバイスとしての液晶表示パネル市場が急速に拡大してきた。このパネルの製造工程の1つとして、あらかじめ真空引きを行ったパネル内へ、液晶を充填する工程がある。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】このとき、液晶がパネル内に充填されるまでに、通常、5時間以上を要し、この工程の時間的長さがパネルの作成の大きなネックとなっていた。この問題を解決するために、粘性流体の運動方程式を解き、液晶注入口の形や数を工夫することで、より短時間に液晶の充填を完了しようとしていた（蝶野、辻 E K I S H O Vol. 3, No. 2, 107 (1999)）。しかし、これらの計算は、実際の液晶注入の実験事実とよく一致しているとは言えず、新しい液晶注入計算法や

克服手段が期待されていた。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明では、パネル内部が真空で外から圧力がかったときのパネルの歪、すなわちギャップ長の変化に着目する（玉谷ら 電子情報通信学会論文誌 Vol. J82-C-11 No.6 303）。パネル内部が真空、外部が1気圧とするとパネルのガラス板およびスペーサーの弾性定数を考慮して、このときの歪を計算すると、通常5μmであるべきギャップ長が周辺部を除いて最大約20%程度へこんでいると想像される。注入のコンダクタンスはギャップ長の3次に比例するので、この程度のへこみで注入流速はかなり低下し、液晶は注入されにくい。そこで、周辺部のギャップ長の大きい部分を使うか、あるいは人為的にギャップ長を保証した導管部を作成して、充填時間を短縮してやる。

## 【0005】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【0006】従来技術における液晶表示パネルは通常、図1に示されるような構造をとっている。パネル周辺部に、ギャップ長5μm、幅約数mm程度の真空シール部分がある。シール剤はガラス片を含み、この近傍部分は、パネル内外の圧力差が数気圧となってもギャップ長はあまり変化しない。一方、パネルの内部では10から200個/mm<sup>2</sup>の密度で、直径5μm程度のスペーサーがギャップを保証している。このとき、パネルサイズは縦(a)、横(b)、厚さ(d)を(数1)とする。

## 【0007】

## 【数1】

$$\begin{aligned} a &= b = 20 \text{ (cm)} \\ d &= 0.07 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

【0008】パネルガラスのヤング率(E)とポアソン比は

## 【0009】

## 【数2】

$$\begin{aligned} E &= 10.5 \times 10^{11} \text{ (dyn/cm}^2\text{)} \\ \sigma &= 0.29 \end{aligned}$$

【0010】程度であり、スペーサーのヤング率は

## 【0011】

## 【数3】

$$\begin{aligned} E &= 0.7 \times 10^{11} \text{ (dyn/cm}^2\text{)} \\ \sigma &= 0.35 \end{aligned}$$

【0012】程度である。このような弾性体のパネル中を真空引きし、両面から1気圧の圧力がかったとき、弾性解析を行うと図2のように、周辺部を除いて、ほぼ平たくへこむ。周辺部近傍のギャップ長は約5μmであるが、パネル内部では、スペーサーが存在するにもかか

わらずギャップ長は約20%程低下すると思われる。このように狭いギャップを押し広げながら液晶が注入されていくことに注目しなければならない。従来の計算では、パネル内が真空でもこの内部ギャップ長の値が周辺部と同じくパネル全面一様である仮定されていたので、実験事実を忠実に再現しなかった。

$$\operatorname{div} \mathbf{v} = 0 \quad (\text{定常非圧縮の連続の方程式})$$

$$\rho \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial \mathbf{x}} = \mathbf{G} - \nabla \cdot \mathbf{p} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} \quad (\text{ナビエ・ストークス方程式})$$

$$\boldsymbol{\tau} = \alpha_1 \mathbf{A} : \mathbf{n} \mathbf{n} \mathbf{n} \mathbf{n} + \alpha_2 \mathbf{n} \mathbf{n} + \alpha_3 \mathbf{N} \mathbf{n} + \alpha_4 \mathbf{A} + \alpha_5 \mathbf{n} \mathbf{n} \cdot \mathbf{A} + \alpha_6 \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} \mathbf{n} \quad (\text{ずり応力})$$

【0016】が、挙げられる。ここで  $\mathbf{v}$  は速度ベクトル、 $\rho$  は流体密度、 $\mathbf{G}$  は外力、 $\mathbf{p}$  は圧力、 $\boldsymbol{\tau}$  はずり応力テンソル、 $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{N}$ 、 $\mathbf{n}$  はそれぞれ

$$\mathbf{A} = \frac{1}{2} (\nabla \mathbf{v} + (\nabla \mathbf{v})^T) \quad (\text{変形速度テンソル})$$

$$\mathbf{N} = \frac{\partial \mathbf{n}}{\partial t} - \mathbf{Q} \times \mathbf{n} \quad (\text{ディレクターと流体の相対角速度ベクトル})$$

$$\mathbf{Q} = \operatorname{rot} \mathbf{v} \quad (\text{渦度テンソル})$$

【0018】である。 $\alpha_1$  から  $\alpha_6$  は、レズリーの粘性係数である。この式で未知数は速度ベクトル  $\mathbf{v}(x, y)$ 、圧力  $p(x, y)$ 、ディレクター  $\mathbf{n}(x, y)$  であり、方程式は3つであるので原理的には解けるはずである。しかし、粘性流体速度は極めて小さいので、次のような近似を採用しても構わないと思われる。この近似で方程式は更に簡単になる。まず、ナビエ・ストークス方程式は、流体の慣性項が無視できるとして (Hele-Shaw 近似)

【0019】

【数6】

$$\tau_{zx} = f_1(z) \frac{\partial u(x, y, z)}{\partial z} + f_2(z) \frac{\partial v(x, y, z)}{\partial z}$$

$$\tau_{zy} = f_3(z) \frac{\partial u(x, y, z)}{\partial z} + f_4(z) \frac{\partial v(x, y, z)}{\partial z}$$

【0022】となる。ここに  $u$ 、 $v$  はそれぞれ  $x$  方向、 $y$  方向の速度成分である。また、

【0023】

【数8】

$$2f_1(z) = (\eta_1 - \eta_3) \cos 2\theta(z) + \eta_1 + \eta_3$$

$$2f_2(z) = (\eta_1 - \eta_3) \sin 2\theta(z)$$

$$2f_3(z) = -(\eta_1 - \eta_3) \cos 2\theta(z) + \eta_1 + \eta_3$$

【0013】以下、蝶野らの定式化に従って、解析を進める。

【0014】Leslie-Ericksen理論を用いると、ネマティック液晶の流体方程式として

【0015】

【数4】

【0017】

【数5】

$$\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} = \frac{\partial P}{\partial x}$$

$$\frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} = \frac{\partial P}{\partial y}$$

【0020】ここに  $P = p + \rho gh$  である。次の近似としてディレクター  $\mathbf{n}$  は、パネルの境界条件より既に決定されているものとする。この近似よりずり応力は

【0021】

【数7】

【0024】とする。ここで、 $2\eta_1 = \alpha_1 + \alpha_4 + \alpha_6$ 、 $2\eta_3 = \alpha_1$ 、 $\theta$  はディレクター  $\mathbf{n}$  と  $x$  軸がなす角度である。これを Hele-Shaw 近似の式に代入し  $z$  方向に積分すると

【0025】

【数9】

5

6

$$u(x, y, z) = \frac{\partial P}{\partial x} \int_{-h}^z \frac{f_4(z')}{D(z')} z' dz' - \frac{\partial P}{\partial y} \int_{-h}^z \frac{f_2(z')}{D(z')} z' dz' \\ + C_1(x, y) \int_{-h}^z \frac{f_4(z')}{D(z')} dz' - C_2(x, y) \int_{-h}^z \frac{f_2(z')}{D(z')} dz'$$

$$v(x, y, z) = -\frac{\partial P}{\partial x} \int_{-h}^z \frac{f_3(z')}{D(z')} z' dz' + \frac{\partial P}{\partial y} \int_{-h}^z \frac{f_1(z')}{D(z')} z' dz' \\ - C_1(x, y) \int_{-h}^z \frac{f_3(z')}{D(z')} dz' + C_2(x, y) \int_{-h}^z \frac{f_1(z')}{D(z')} dz'$$

【0026】となる。ここに

【0027】

【数10】

$$D(z) = f_1(z) f_4(z) - f_2(z) f_3(z)$$

【0028】である。z方向に平均した速度ベクトルは、hをギャップ長とすると

【0029】

【数11】

$$\bar{v}(x, y) = \frac{1}{2h} \int_{-h}^h v(x, y, z) dz$$

【0030】であるので、(数9)を代入すると、

【0031】

【数12】

$$2h\bar{u}(x, y) = -\frac{\partial P}{\partial x} S_4 - \frac{\partial P}{\partial y} S_2 - C_1(x, y) R_4 + C_2(x, y) R_2$$

$$2h\bar{v}(x, y) = -\frac{\partial P}{\partial x} S_3 + \frac{\partial P}{\partial y} S_1 - C_1(x, y) R_3 + C_2(x, y) R_1$$

【0032】となる。ここで、 $C_1(x, y)$ 、 $C_2(x, y)$ は積分定数、 $S_1$ から $S_4$ は定数であり、 $R_1$ から $R_4$ は置き換え値である。これを Hele-Shaw近似した連続の式に代入すると最終的には圧力に関する、対角項を含む楕円型の微分方程式が得られて、

【0033】

【数13】

$$G_1 \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} - (G_2 + G_3) \frac{\partial^2 P}{\partial x \partial y} + G_4 \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0$$

【0034】となる。 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ 、 $G_4$ は微分方程式における係数である。この式は微分形であるので、パネルの局所部分の圧力の方程式を表していることに注意されたい。また、さらにディレクターnが、すべてx軸に平行である場合は $\theta = 0$ であるので、微分方程式の係数は著しく簡単となる。このとき、

【0035】

【数14】

$$G_1 = -\frac{2h^3}{3\eta_1}$$

$$G_2 = G_3 = 0$$

$$G_4 = -\frac{2h^3}{3\eta_3}$$

【0036】となり、圧力Pの微分方程式は対角項を含

まない形の楕円型の微分方程式となる。ここで、この方程式を解くために、次のような回路類推を行う。

【0037】

【数15】

$$P(x, y) \rightarrow V(x, y)$$

$$\frac{\partial P}{\partial x} \rightarrow j_x$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} \rightarrow j_y$$

$$R_x \rightarrow \frac{\eta_1 \Delta x}{2h^3}$$

$$R_y \rightarrow \frac{\eta_3 \Delta y}{2h^3}$$

40 【0038】 $\Delta x$ 、 $\Delta y$ は空間差分の単位変位量である。この方程式を等価回路に直すと図3ようになる。すなわち、電源電圧より、抵抗の格子に供給される電流を表す。ここに各節点の電位 $V(x, y)$ はパネル各点の圧力を表し、各抵抗の電流はその場所の圧力勾配(すなわち流速 $(u, v)$ に比例する量)を表現する。電流が大きければ大きいほど、注入の流速が大きく、短時間に充填できる。この等価回路に適当に境界条件を与え、回路シミュレーターで解析すると容易に解が得られる。

【0039】この回路に着目すると、電流は格子の抵抗に強く依存することは自明のことである。更にこの抵抗

50

値を決めているものは、液晶の粘性率とギャップ長である。液晶の粘性は、室温付近の10度の温度上昇で約半分ほどに減少するので、温度を上げてやればもちろん抵抗値は下がり、注入時間を短くすることができる。しかしこの方法では、残留ガスが発生しやすいなどの問題点があった。

【0040】それゆえ、温度をなるべく低くして抵抗値を下げる方法を考える。今ギャップ長に注目するとRにはhの3乗の項が含まれるので、抵抗値に対して一番大きな影響を持っていると思われる。前述したとおり、パネルおよびスペーサの弾性率を計算すると、内外圧力差が1気圧では既にパネルは十分にへこんでいる。パネル中央部のギャップ長hはこのとき、周辺部の0.8倍程度であろうと推定される。このとき抵抗値は、パネルがひずんでいない時の倍程度に増加し、液晶の注入速度は圧倒的に小さくなるであろうと推定される。

【0041】ところが、パネル周辺部は、ギャップ長hが無歪状態に近いであろうから、比較的小さな抵抗の列が続いているであろうと想像される。それゆえ、パネルへの液晶の2つの注入口を、中心付近に設置した場合と左右の角に設定したときの、液晶の自由表面の時間変化の計算値を図4に示す。実際パネルサイズが $339 \times 196 \times 0.005$  (mm)に、内外圧力差1気圧で液晶を注入していったときでも、中心付近に設定した2つの注入口(長さ7mm)の場合、充填時間は260分を超えるが、左右の周辺部を液晶の導管部に設定したとき、注入時間は約100分に短縮された。

【0042】図5は周辺部の絶縁膜を除去して作成した導管部を有した液晶表示パネルの平面図および断面図である。101は下側基板、102はシール部、103は表示部、104は周辺部、201は下側基板、202は上側基板、203はソース配線、204はTFT、205は絶縁膜、206は画素電極、207はシール部、208は液晶、209は導管部である。なお、102のシール部外側が上部基板202にほぼ対応している。なお、206の画素電極は図示はしていないが、TFTのドレインに電気的に接続されており、また、ソース配線やTFTの上にオーバーラップして開口率を高めている。図5に示すようなTFTやバスバー配線のように厚みが $1 \mu\text{m}$ から $5 \mu\text{m}$ の絶縁膜(通常、樹脂製)をつけ、その上に電極を形成する液晶表示パネルにおいて、パネル周辺部の絶縁膜を除去した。なお、103の表示部においては絶縁膜205が残されている。この結果、パネル周辺部のセル厚が $1 \mu\text{m}$ から $5 \mu\text{m}$ 厚くなり、注入時間は80分あるいはそれ以下に短縮される。この効果は、注入口をパネル下辺の左右端にもうける場合に最も効果があるが注入装置や製品形状の制約から注入口をパネル下辺の中央部付近に設けた場合にでも十分効果がある。なお、セル厚均一化のため、シール部の下の絶縁膜は除去しない方が望ましい。

【0043】さらに、スペーサのヤング率より大きな値であるヤング率 $10^{12}$  (dyn/cm<sup>2</sup>)程度のガラスまたは金属のスペーサを、図6のようにパネル内に設定して、内外の圧力差があってもへこむことがない導管部を液晶注入口から内部まで形づくる。こうすることによって、注入のパスが形成され、充填時間は著しく短縮されることが考えられる。上述の場合と同様のサイズのパネルに、このような人為的なパスを作った場合と、作らない場合の液晶の注入時間を調べると、120分と260分となり圧倒的にパスがある方が短い。なお、導管部として用いる材料のヤング率は $5 \times 10^{10}$  (dyn/cm<sup>2</sup>)から $10^{12}$  (dyn/cm<sup>2</sup>)程度がよい。 $5 \times 10^{10}$  (dyn/cm<sup>2</sup>)より、小さい場合にはパネル間のギャップを保持できず、 $10^{12}$  (dyn/cm<sup>2</sup>)以上ではパネル内部の配線を損傷させるおそれがあるからである。また、ギャップ長の小さい部分により多くの導管部を設定すると効果が大きい。そのようにギャップ長を広げることにより、液晶注入のパスのコンダクタンスを増加させると、注入時間の短縮に著しい効果がある。

#### 【0044】

【発明の効果】本発明により液晶注入のネックとなっているパネルの歪に対して、よりギャップ長が大きい導管部を作成して充填時間の短縮を実現した。液晶表示パネルの製造プロセスにおいて、この効果は大きいと考えられる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】代表的な液晶表示パネルの模式図

【図2】パネル内外の圧力差があるときに生じるパネルの歪を表す模式図

【図3】R格子の等価回路図

【図4】(a)注入口を液晶表示パネル中央部付近に設定した場合の液晶自由表面の変化の計算値を示した図

(b)注入口を液晶表示パネル周辺部付近に設定した場合の液晶自由表面の変化の計算値を示した図

【図5】(a)周辺部の絶縁膜を除去して作成した導管部を有した液晶表示パネルの平面図

(b)周辺部の絶縁膜を除去して作成した導管部を有した液晶表示パネルの断面図

【図6】パネル内に設定した注入の導管部を示す図

#### 【符号の説明】

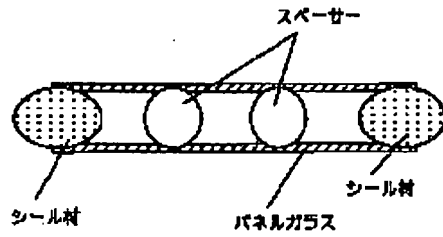
101 下側基板  
102 シール部  
103 表示部  
104 周辺部  
201 下側基板  
202 上側基板  
203 ソース配線  
204 TFT  
205 絶縁膜  
206 画素電極

207 シール部

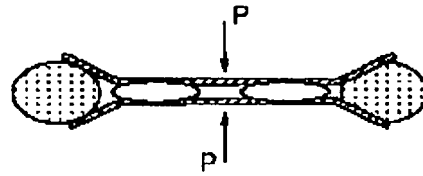
208 液晶

209 導管部

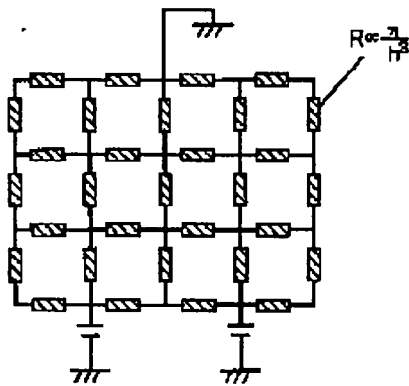
【図1】



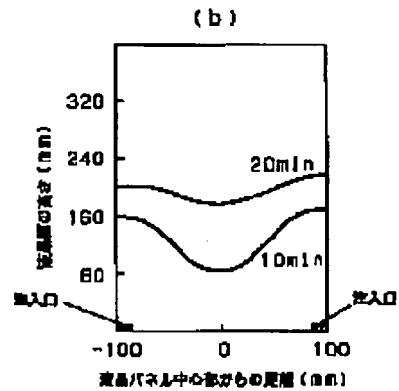
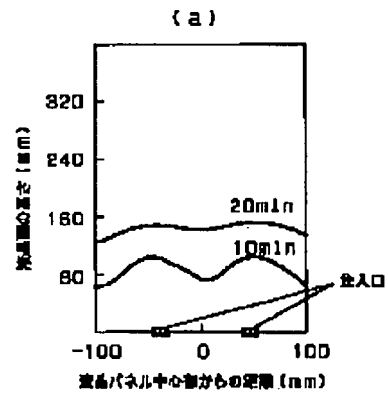
【図2】



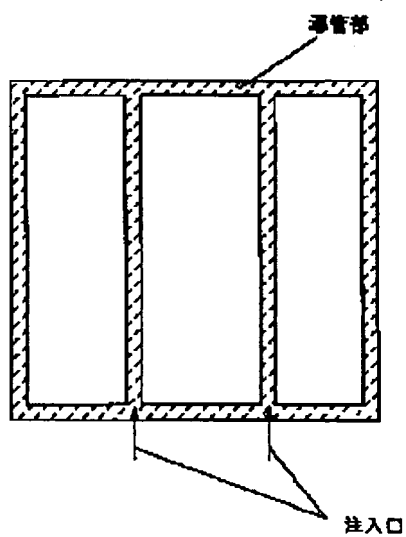
【図3】



【図4】



【図6】





【図5】

